DOI: 10.13930/j.cnki.cjea.160960

孙玉芳, 李想, 张宏斌, 陈宝雄, 李垚奎, 刘云慧, 宇振荣. 农业景观生物多样性功能和保护对策[J]. 中国生态农业学报, 2017, 25(7): 993−1001

Sun Y F, Li X, Zhang H B, Chen B X, Li Y K, Liu Y H, Yu Z R. Functions and countermeasures of biodiversity conservation in agricultural landscapes: A review[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2017, 25(7): 993−1001

农业景观生物多样性功能和保护对策*

孙玉芳[1], 李 想[2], 张宏斌[1], 陈宝雄[1], 李垚奎[1], 刘云慧[2], 宇振荣[2**]

(1. 农业部农业生态与资源保护总站 北京 100125; 2. 中国农业大学资源与环境学院 北京 100094)

摘 要: 研究表明, 农业集约化生产和农业景观均质化导致农业景观生物多样性降低, 致使生物多样性相关野生资源保护、自然授粉、害虫调节、水土涵养等生态系统服务功能受损, 进而影响了农业可持续发展。本文对国内外农业景观生物多样性及其生态系统服务功能研究和实践进行了综述。分别探讨了农业景观在生物多样性保护、授粉服务、调节服务、水土涵养等多方面生态服务功能中发挥的作用及其生物多样性保护的意义, 总结了欧美在农业景观生物多样性保护所采取的实践措施, 指出中国虽然在生物多样性保护方面做出很多努力, 但却忽略了对农业景观的保护, 近些年的城市化和集约化发展都进一步加剧了农业景观生物多样性的丧失, 亟需借鉴欧美国家经验提出我国的农业景观生物多样性保护策略。我们认为保护和提高农业景观生物多样性的生态集约化对维护农作物产量, 改善品种具有重要的作用。农业景观生物多样性保护需要从农田生态系统和农业景观两个尺度上开展农业景观综合管理, 提高农田作物和景观植物多样性和异质性, 恢复和提高生物多样性及其生态服务功能。最后, 针对我国农业可持续发展面临的问题和需求, 建议从政策和法规、监测和评估、工程技术研发、技术集成示范、生态补贴制度、培训和推广等方面, 开展农业景观生物多样性保护。

关键词: 农业景观; 生物多样性保护; 生态系统服务; 农业可持续发展; 农业集约化

中图分类号: Q14; Q16 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-3990(2017)07-0993-09

Functions and countermeasures of biodiversity conservation in agricultural landscapes: A review*

SUN Yufang[1], LI Xiang[2], ZHANG Hongbin[1], CHEN Baoxiong[1], LI Yaokui[1], LIU Yunhui[2], YU Zhenrong[2**]

(1. Rural Energy & Environment Agency, Ministry of Agriculture, Beijing 100125, China; 2. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: Studies have shown that intensive agricultural production and homogenization of agricultural landscape have led to a decline in biodiversity across agricultural landscapes. This phenomenon has resulted in the loss of ecosystem services such as biodiversity conservation, natural pollination, pest regulation, erosion control and sustainable agricultural development. In this paper, the researches and practices of biodiversity in agricultural landscapes and the related ecosystem services were reviewed. We discussed the role of agricultural landscape in biodiversity conservation, pollination service, regulation service, soil and water conservation and other aspects of ecological service functions and conservation. We summarized the practical measures

* 国家自然科学基金项目(41671181)和农业应对气候变化能力建设项目(2014127)资助
** 通讯作者: 宇振荣, 研究方向为景观生态学、农业景观生物多样性保护。E-mail: yuzhr@cau.edu.cn
孙玉芳, 研究方向为农业经济管理和资源保护。E-mail: sunyufang06@163.com
收稿日期: 2016-10-28 接受日期: 2017-03-09

* This work was funded by National Natural Science Foundation of China (41671181) and the Building Agriculture Capability to Cope with Climate Change (2014127).
** Corresponding author, E-mail: yuzhr@cau.edu.cn
Received Oct. 28, 2016; accepted Mar. 9, 2017

taken in Europe and the United States for the conservation of biodiversity in agricultural landscapes. It was pointed out that although China had made significant efforts in the conservation of biodiversity, it neglected the protection of agricultural landscapes. In recent years, urbanization and intensive agricultural development have further exacerbated the loss of biodiversity in agricultural landscapes. It was necessary to draw lessons from the European and American experiences to put forward a national strategy for the conservation of biodiversity in agricultural landscapes in China. The intensification of conservation and enhancement of biodiversity in agro-ecological landscapes can benefit both crop yield and quality. The protection of biodiversity in agricultural landscapes required an integrated management of agricultural landscapes at agro-ecological and agro-landscape scales in order to restore and improve biodiversity in agricultural landscapes and the related ecosystem services functions. With specific regard to the problems and requirements of sustainable agricultural development in China, we suggested the development of biodiversity conservation in agricultural landscapes from policy and regulation measures, monitoring and evaluation, engineering and technology, research and development, technology integration, eco-subsidy system, training and extension, etc.
Keywords: Agricultural landscape; Biodiversity protection; Ecosystem service; Agricultural sustainability; Intensive agricultural development

生物多样性是生物(动物、植物、微生物)与环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总和。生物多样性包括遗传多样性、物种多样性、生态系统多样性、景观多样性。大量研究显示[1-2]，生物多样性能够在从局部到景观的不同尺度上促进生态系统服务提升和发挥。农田(耕地、园地和草地)及其周边沟路林渠、荒草地、小片林地、灌丛等半自然生境构成农业景观镶嵌体，维系了全球约 50%的野生濒危物种，是陆地生物多样性的重要组成部分[3]。越来越多的研究表明，农业景观生物多样性提供了农业可持续发展必须的遗传资源、授粉、天敌和害虫调控、土壤肥力保持、水土涵养、文化和休闲等生态服务功能，是实现农业可持续发展的必要基础，也是评价农业生态环境质量的最重要指标[4]。当前我国生物多样性保护重点是强调自然保护区及其生物多样性保护建设，农业生物多样性保护主要工作是动植物遗传资源保护、野生动植物资源保护和外来物种入侵防治等，对农业景观中生物多样性研究和保护严重滞后。本文综合国内外研究和实践，论述了农业景观生物多样性研究和实践进展，并结合我国农业景观生物多样性保护需求，探讨我国农业景观生物多样性保护的必要性和对策。

1 农业景观生物多样性

生态系统服务指人类从生态系统获得的所有惠益[5]，包括供给(食物和纤维等)、调节(水质净化、授粉、天敌和害虫调节等)、支持(土壤保持、养分循环、水土涵养等)和文化(景观、美学、精神愉悦和休闲等)。近年来, UNEP、FAO 以及欧美等国家非常重视农田景观生物多样性保护，一致认为农业可持续发展除地域的热量、土地和水等自然资源以及合理的外部投入(化肥、农药外)外，还决定于对农田(耕地、果园、牧草地)生态服务功能的维护和持续供给(图 1)，而农田生态服务功能高低主要决定于农业生产系统(农田)和沟路林渠田等构成的农田景观镶嵌体生物多样性保护。

农业景观生物多样性及其所提供的生态系统服务功能，如遗传资源保护、害虫生物控制、自然授粉、水体自净、土壤肥力保持，是提高农业生产力及农业可持续发展的重要保障。然而，由于土地过度开发、田块规模化、沟路渠过度硬化导致农田半自然生境减少或消失，再加上农药化肥大量投入和单一化高产品质种植，导致农业景观均质化、农业景观生物多样性减低[5-6]，呈现“寂静田园”现象，并由此导致生物多样性相关的各种农田生态服务功能受损，严重威胁农业生产稳定性和可持续发展[7]。研究表明[7-8]，由于农业景观均质化、农业集约化投入导致欧盟农业景观中约 50%植物、30%的昆虫和 70%的鸟类经历了数量上的减少，鸟类多样性降低了 40%，传粉蝴蝶密度降低了约 60%，自然蜂巢降低了约 20%；随着农田半自然生境面积减少，植物多样性大大降低，由传粉蝴蝶、蜜蜂、食谷鸟、啮齿动物、植物、动物寄生虫等构成的相互作用生态网络大大简化，是病虫害频发的重要原因之一。

2 农业景观生态系统服务功能研究

2.1 濒危物种和野生物种保护

自 20 世纪 80 年代开始，国外就开展了一系列农业景观生物多样性研究，普遍认为农业景观生物多样性是全球生物多样性的重要组成部分。研究表明[8-10]，农业景观维系了全球约 50%的野生濒危物种；德国大约有 25%的濒危物种存在于占国土面积 2%的自然保护区，而剩余 75%濒危物种生存取决于占 75%的农林生产区；瑞典 50%~70%受威胁的维管

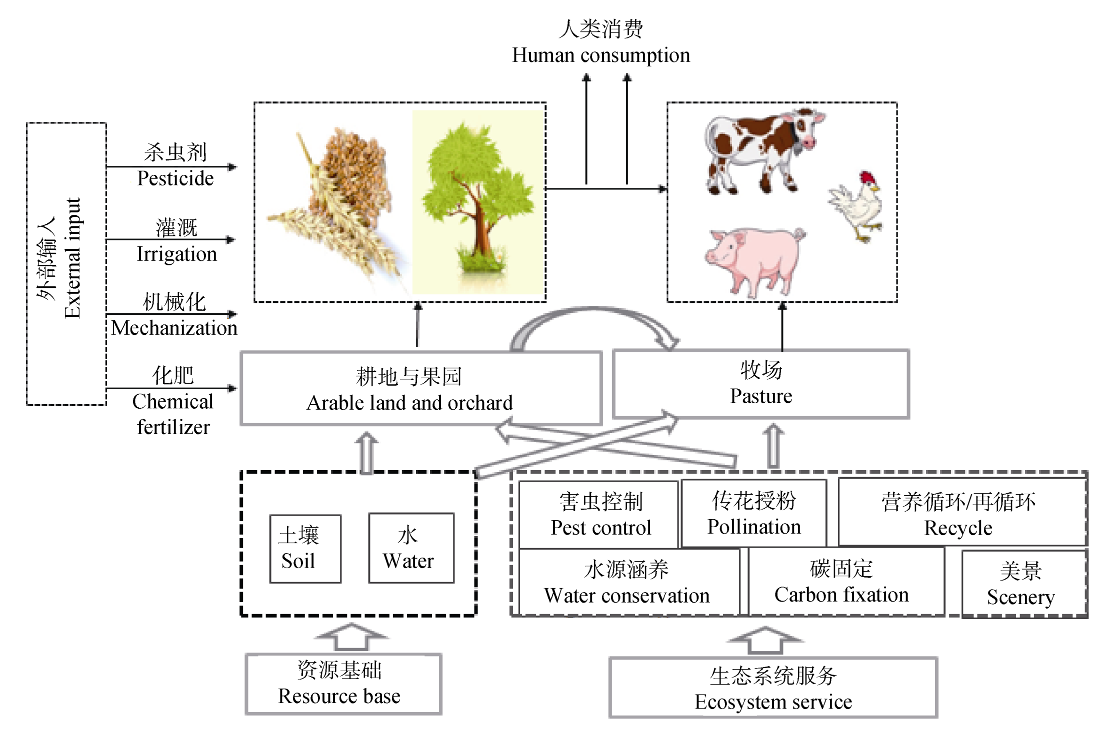


图 1 农业可持续发展的生态学基础和生态服务功能[11-12]

Fig. 1 Ecological basis and ecological service function of agricultural sustainable development[11-12]

植物依赖开阔和多样性化的农业景观。因此，农业景观生物多样性的保护状况直接关系全球生物多样性保护行动计划的成败。欧洲的研究发现[13]，农用地闲置和撂荒会导致某些生境类型的消失，进而会威胁生物多样性，保持一定的耕作农田，维护农业景观会保护生物多样性。究其原因是，由森林和草地转化农田为主导的传统农田景观，自然和半自然生境所占面积高，并与农田构成镶嵌体景观，为生物提供更多的生境，保护了大量农田生境专一种和生境泛化种。农田景观均质化会导致生境专一种消失或灭绝。

生物多样性是所有农作物和家养牲畜的起源以及它们的品种多样性的基础。非集约化的农业维持着野生和家养的动植物物种和品种的多样性，也有助于维持生态系统稳定。在某种程度上农业活动的演变也加强了生物多样性，创造和维持了特有的生态系统和生境类型。例如耕地和农田边界(树篱或沟渠)镶嵌的景观为某些动植物提供了庇护和食物。农业景观中的半自然生境保护了濒危和本土物种[4,14-15]。例如，红嘴山鸦(*Pyrrhocorax pyrrhocorax*)的生存依赖于欧洲某些保持传统畜牧方式的地区；大鸨(*Otis tarda*)在西班牙和葡萄牙保留休耕地和草地以及粗放管理的谷物地中生活繁殖。来自 29 个国家的专家使用植物的濒危物种目录分析了作物管理和农业土地利用对于植物类群的影响。不同级别的濒危植物受到了化肥和杀虫剂的共同影响，其中化肥的影响更大。欧洲中部和西北部农业化学用品使用的增加[16]，导致了生境泛化种增加，而生境特有种减少。所以需要采取积极的保护措施来应对植物类群功能多样性的下滑和逐渐增多的受到威胁的植物。包括稀有和受威胁的耕地植物共计 582 个物种。其中，193 种属于国家级濒危物种。因此，以物种保护为目标的保护措施很难真正实现对物种及其生态系统功能保护。农田生物多样性及其野畜禽遗传资源和农业野生植物资源保护，需要采用景观途径，重视对物种赖以生存的生境的保护和重建可以有效而全面地保护农业景观的生物多样性及其生态服务功能。

2.2 授粉昆虫和授粉功能

在自然界中有报道的能起到传粉作用的动物种类繁多，其中，昆虫是传粉动物的主体，包括膜翅目(Hymenoptera)(占全部传粉昆虫的 43.7%)、双翅目(Diptera)(28.4%)、鞘翅目(Coleoptera)(14.1%)，其余的还有鳞翅目(Lepidoptera)、缨翅目(Thysanoptera)、半翅目(Hemiptera)、直翅目(Orthoptera)。膜翅目蜜蜂总科(Hymenoptera: Apoidea)是种类和数量最多的一类传粉昆虫，全球有记录的已超过 17 500 种，我国已被命名的传粉蜂也有 1 000 多种，大多数都是有效的传粉者。农业景观中主要的传粉动物为家养蜂和野生传粉昆虫，尽管家养蜂的数量占优势，但野生传粉者往往能够提供更有效的传粉服务，两者

可以起到互补作用[1]。

农业景观在维持生物多样性包括传粉动物多样性的过程中扮演着重要的角色[8,17-18]，传粉动物也为农业景观提供了重要的生态服务。维持传粉动物的物种多样性或功能群多样性，可以提高作物授粉的成功率，直接关系着作物的产量、产品的质量和经济价值。研究分析显示，全球约 70%的主要作物(产量占全球作物总产量的 35%)可通过动物传粉增产；在我国主要种植的 44 种水果和蔬菜中约 57%为虫媒作物，其产值占蔬果总产值的 25.5%。动物传粉不仅能使作物增产，还可以提升食物的营养价值和商业价值，例如传粉能提高杏仁中油酸和亚油酸的含量、改善草莓的质量和保鲜期、增加油菜籽的含油量。经过动物授粉后，食物中的维生素、抗氧化物、脂类、微量元素等营养物质的含量也会增加，使得人类的膳食更健康。如果没有传粉动物，全球农业总产量预计会下降 3%~8%，若要弥补这部分损失，全球需要将 2/3 的陆地变为耕地。

然而，传粉动物正面临着大范围的生物多样性丧失的危险。对全球不同地区尤其是欧洲和北美国家的调查显示，传粉动物的多样性均呈现下降的趋势。例如美国在 1947—2005 年间蜜蜂蜂群减少了 59%，而中欧在 1985—2005 年间蜂群减少了 25%。整个欧洲平均约 16%~20%的蜂群已经消失，特别是野生传粉者显著降低，严重影响需要昆虫授粉的作物产量和品质[16]。英国与荷兰的蜜蜂多样性在半数以上的景观中出现下降，尤其是生境或食性相对专一、喙较长、迁移性差以及繁殖速度慢的物种丰度降幅更大；英国 89%的蝴蝶出现分布范围缩小、数量下降的趋势，而一些迁移能力强和生境广布的蝴蝶物种逐渐在群落占据优势[19]。

农业景观生物多样性的保护和管理经历了一个从重视局部尺度生产管理方式的改善，到强调栖息地和景观尺度管理的过程。越来越多的研究发现，传粉昆虫多样性受到景观尺度的环境因素影响显著。传粉昆虫多样性受到传粉昆虫的生存与繁衍需要在其觅食范围内具备适宜的筑巢点、筑巢材料以及充足的食物如植物的花粉和花蜜等资源，这些资源可能分散在农业景观不同生境类型的镶嵌斑块中(包括自然生境、半自然生境及农田等)[20]。农业景观中资源的空间异质性和时间动态性会造成生物多样性的时空动态变化[21]。传粉者的多样性会受到非作物生境的面积比例、农业管理措施(如农药的使用)、种植方式(如作物与草地轮作)以及虫媒作物[如油菜(*Brassica campestris*)]花期的影响；传粉者的觅食距离不同，受到农业景观结构变化(如生境面积比例等)影响的尺度也不同[22]。

传粉动物多样性直接或间接地受到农业生产管理的影响，并反作用于农业的可持续发展。因此，农业景观传粉动物多样性的保护和传粉服务的管理是农业可持续发展需要考虑的重要内容。要实现农业景观传粉动物多样性及生态服务的有效管理，不仅要制定适宜的生产管理措施，而且需要依据所在景观的结构状况制定景观管理策略[23]。

2.3 天敌-害虫调控

尽管过去 40 多年农药投入量增加，但有害生物每年造成的全球粮食减产没有变化，仍保持在 8%~15%的水平[24]。因此，恢复自然调控，在景观层次上利用天敌控制害虫就显得尤为重要，而农田景观复杂性和多样性能够显著提高农田害虫天敌的丰富度和多样性。害虫生物防治主要是利用天敌昆虫、昆虫病原微生物、昆虫信息素、生物农药和转基因技术实现对害虫的控制。从生物多样性角度看，大致可以分为 3 个层次:一是通过转基因技术实现对害虫的控制；二是利用同一作物不同品种的多种基因型组成的混合种植、不同作物的间作、套种和混合种植等，如云南农业大学朱有勇等[25]对作物遗传多样性控制病害的效应和机理进行了深入研究，揭示出作物遗传多样性种植控制病害的机理主要是多样性混栽群体的遗传异质性、对病原物的稀释效应、抗性植株的物理隔离效应、诱导抗性效应和协同进化等；三是开展生境管理，提高天敌数量，控制有害生物。前两个方面需要大量的基础研究，才能获得坚实的科学基础。综合各种因素，通过生境管理，增加天敌的数量控制害虫是最有效、最可行的方法。但生境管理是否可以增加天敌的数量主要决定于环境友好型技术应用和农田景观管理。

对天敌昆虫的利用方法又可分为保护和招引本地天敌昆虫、人工大量繁殖和放养以及引进外来种。在自然条件下约有 99%的潜在有害生物能够被天敌控制。生境管理主要是利用生物多样性来控制害虫，通过在农业景观中建设适宜的生境，营造合适的植物多样性，满足天敌对不同资源的需求，以保护和吸引天敌、增强对害虫的有效控制；或直接作用于害虫，干扰害虫对作物的为害。与其他生物防治方法相比，生境管理控制害虫的方法，不但可以减少各类药剂向环境中的投放量、人为频繁干扰以及药品研制、施用等环节中产生的成本与消耗，还可以

降低虫害所造成的损失、提高作物产量。

农田景观要素的组成及空间配置状况同样影响天敌的多样性和害虫的危害状况。但是最新的研究分析表明[26]，74%的研究显示景观复杂性提高自然天敌种群，包括拟寄生物、步甲、瓢虫、食蚜蝇幼虫、隐翅虫和蜘蛛等，表明景观驱动自然天敌种群可以认为是一种普遍的现象。9/10 的天敌需要 1 种以上的半自然生境(林地、农田边界、坑塘等)，仅有 5/10 的害虫需要一种以上半自然生境，田园景观均质化对天敌的影响要远大于对害虫的影响。如农业景观中的农田边界对生物多样性的保护具有非常重要的影响，农田边界由自然生长的植物或种植作物组成，可以为重要的自然天敌如步甲、蜘蛛等提供栖息地和避难所，还能为爬行动物、小型哺乳动物、鸟类提供食物栖息地[27-28]，国外已经开始开展很多措施来积极地保护农田边界。但国内对于农田边界景观生态功能的研究还比较少，保护农田边界以保护害虫天敌、促进病虫害的综合防治并未得到充分的重视[29]。总体上，增加农田景观多样性包括作物种植的多样性和自然、半自然生境的多样性有利于增加天敌数量，控制害虫。

2.4　水土涵养功能

水土涵养功能更重要是提升到景观尺度，优化农业景观格局，提高水土涵养能力，实现从源头控制—过程拦截和阻断—受体保护的面源污染控制。从景观尺度上保护生物多样性和开展农业面源污染控制已成为欧美等国家面源污染治理、提高水质的重要方法和途径[30-31]。农业景观综合管理能够提供水土涵养、水质净化等生态服务功能。例如占农田总面积 2%~3%、具有丰富的物种多样性的河渠缓冲带能够控制 30%~50%的氮磷进入水体。

2.5　土壤动物及土壤微生物多样性

土壤动物和微生物是土壤中物质形成与转化的关键动力，伴随着土壤的形成与发育，在维系土壤结构、保育土壤肥力、影响土壤植被等方面起着不可替代的作用；土壤微生物是主要分解者，对生态环境起着天然的过滤和净化作用，是决定土壤自净、污染物消纳等重要功能的主导因子；有些土壤动物与处在分解者地位的土壤微生物一起，对堆积在地表的枯枝落叶、倒地的树木、动物尸体及粪便等进行分解。细菌的繁殖能使枯枝落叶软化，从而有利于土壤动物取食；枯枝落叶经土壤动物吞食变成粪便排出后，又有利于微生物的分解。一部分土壤动物是自然界“垃圾”的处理者，另一部分土壤动物是以其他动物为食物的捕食者，构成土壤中食物链和食物网。蚯蚓能大量吐食土壤，分解有机质提高土壤肥力，促进土壤团粒结构的形成，改善土壤物理性质，同时土壤微生物也是联系大气圈、岩石圈、水圈和生物圈的纽带，在全球物质循环和能量流动中起着重要作用[32]。自 20 世纪 50 年代以来，生物多样性与生态系统稳定性的关系一直是生态学中重点讨论的理论问题之一。过去研究表明，增加土壤动物和微生物有利于土壤肥力保持、养分循环和固定，但是对微生物多样性与系统稳定性关系的研究尚处于起步阶段，特别是如何保护土壤动物和微生物多样性，调节土壤生态服务功能还处于研究阶段[32]。目前，唯一的做法是通过保护性耕作、施用有机肥，增加土壤微生物。

2.6　维护和提高作物产量和品质

保护和提高农业景观生物多样性、提升农田生态服务功能是维护和提高作物产量的重要途径[1,9,16-17]。英国一项 6 年试验研究表明[33]，在 900 hm^2 的农场，通过对照、将农田周围 3%、8%的生产性耕地转化为种植不同类型功能植物缓冲带 3 个处理，用于提高天敌-害虫调节、授粉昆虫、氮磷流失控制、鸟类多样性等生态服务功能。从整个农场来看，生态集约化并不会降低农作物产量，甚至会提高某些农作物产量和品质。

3　欧美农业景观生物多样性保护实践

在实践上，欧美国家发展和制定了以农场主为主体，通过生态补贴的农业景观生物多样性保护政策和工程技术措施。欧盟生物多样性保护分为占国土面积 18%的自然保护区和 12.5%的农场农业景观生物多样性保护区两大部分。在欧盟共同农业政策下，通过直接补贴，从 1992 年开始推行农业环境措施，开展养分综合管理、病虫害综合防治、动植物资源保护、农业景观管护、生物多样性保护[20-23,34]。2001 年欧美制订了更详细的《农业生物多样性保护行动计划》，主要技术措施包括：1)将 5%~8%的农田建设为“生态重点区”或是保留 5%的小片林地、坑塘湿地；2)每个农场至少种植 3 种不同的作物，积极鼓励间作套种、农田种植斑块异质性和农林业发展；3)开始生态景观化河溪、坑塘和沟渠路建设；4)推进保护性耕作和冬季覆盖、农田边界野花缓冲带种植；5)恢复和保护珍稀鸟类、蝴蝶、野生蜜蜂等生物生境和栖息地；6)保护野生植物生态景观和传统品种的园地；7)保护具有较高生物多样性的草地；8)对大片撂荒土地开展适度耕作和放牧管理。2005 年欧盟开

始制订乡村发展计划，提出建设高自然价值农田，农业景观生物多样性保护生态补贴不断增加，一些欧盟国家农业景观生物多样性保护投资占农业环境管护投资比例高达 30%，以生物多样性保护为目标的高自然价值农田占到农用地的 20%。在欧盟乡村发展计划指导下，各国制定了各自以农场主为主体的农业环境、生物多样性保护技术措施和生态补贴分值。农场主需要制定详细农场环境管护规划，并与政府签订 5 到 10 年的实施合同。

美国主要由自然保护服务局负责生产性景观自然资源保护政策、工程技术标准制定和实施，基本上也是通过资金补贴农场主，推进生产性景观生物多样性保护[24,34]。美国自然保护服务局定期发布农业自然资源保护和环境管护项目，如自然和人文景观保护、流域水环境保护、野生生物栖息地保护、耕地休耕保护、草地保护、湿地修复和提升、流域生态环境恢复和管理等，其特点以农场、景观和小流域为单元，整体推进山水林田村综合治理和管护，把生物多样性保护工程技术纳入各类项目中。农业景观生物多样性保护主要工程技术包括：保护性耕作、作物覆盖轮作、多层种植、带状耕作、病害虫综合防治、缓冲带建设、植物篱种植、关键区域种植、农田边界建设、植被屏障建设、农田植被提升、防护林建设、农地灌丛管理、河流缓冲带建设、沟渠生态景观化建设、鱼类和野生生物生境修复、野生生物饮水建设、湿地修复、重建和提升、野生动物通道等等。

4　中国农业景观生物多样性的必要性和对策

4.1　必要性

我国生物资源丰富，但近几十年高度集约化的农业生产和农业基础设施建设，导致农业景观生物多样性降低，严重影响农田生态服务功能和农业生产稳定性。我国是全球 12 个生物多样性特别丰富的国家之一。我国传统农业间作套种、农林农牧复合、多层种养、多样化和生态化的农业景观，具有丰富的生物多样性，较高的生态服务功能[35-36]。我国有记录的栽培物种约 600 种，位居世界前列，多数种植作物都有他们的野生亲缘种，还有大量可供农业利用的野生植物种类，如野菜就有 400~500 种；在农业景观半自然生境和边际土地上，还残存许多重要的野生动物植物，包括农作物野生亲缘种，珍稀和孑遗植物、重要的菌类和药材等。然而，过量农业化学品、单一化高产品种的使用、农业集约化、农业景观均质化、农田基础设施过度硬化、防护林营建树种和结构单一、外来物种入侵以及气候变化等因素，造成水土污染、农田半自然生境丧失、生态植被异质性降低，导致农田生态系统生物多样性降低、生态服务功能严重受损、抵御自然灾害风险能力降低[37]。研究表明，在农业集约化地区，半自然生境仅占 3.5%却含有 70%乡土植物，为了“占补平衡”补充耕地，将其转化为耕地，估计会导致 50%~70%的天敌消失，而单一防护林和农田造林将导致农田恶性杂草增加，高营养和自然价值野草野花减少，会加速外来物种迁移扩散。在南方农业集约化地区，水稻种植面积较大，斑块之间的田坎由于集约化的生产正在迅速减少，水田黄鳝(*Monopterus albus*)、泥鳅(*Misgurnus anguillicaudatus*)、青蛙、鸟类、蛇、土壤蚯蚓、蜘蛛、步甲、蝴蝶和蜜蜂等有益生物大量减少，导致天敌和害虫数量变化极度不平衡；20 世纪 50 年代，中国各地种植水稻的地方品种高达 46 000 多种，到 2006 年，全国种植水稻(*Oryza sativa*)品种 1 000 多个，且基本为育成品种和杂交稻品种；50 年代种植的玉米(*Zea mays*)地方品种达 10 000 多个，到目前生产上基本不用地方品种了。农作物野生近缘中的分布范围也不断缩小，中国野生稻原有分布点中 60%~70%现已消失或大面积萎缩。

作为最早签署《生物多样性公约》的国家之一，我国政府高度重视生物多样性保护。2010 年国务院审议通过了《中国生物多样性保护战略与行动计划》(2011—2030 年)。预计到 2030 年，全国各类保护区总面积要达到陆地面积的 17%。与欧美等发达国家生物多样性保护战略相比，虽然我国在自然保护区、退耕还林还草、野生植物资源保护等方面取得了显著成绩，但在生产性农业景观生物多样性保护方面的工作严重滞后[36]。建设 8 亿亩高标准农田、提升耕地质量、推进土地规模化生产和经营、生态循环农业发展、适度开展耕地休耕、修复农业生态、提升生态功能、保护生物多样性、“一控两减三基本”已成为农业可持续发展重要任务，我国农田结构、物质循环将会发生巨大的变化，将农业景观生物多样性保护融入到各项工作中，农业景观重构和提质，保护农业景观生物多样性，恢复和提升农田水土涵养、天敌害虫调控、授粉等生态服务功能，可以实现农业生态环境保护和粮食稳产甚至增产的多重目标。

4.2　农业景观生物多样性保护对策

Scherr和McNeely[30]在2008年提出了生态农业景观(ecoagriculture landscapes)的概念，他们指出

生态农业景观是由自然/本土生境和农业生产用地共同构成的景观镶嵌体。其中自然区域被管理用于促进农业生产经营活动，农业生产区则通过合理配置和管理以能够为野生多样性和生态系统服务提供有益和良好的生态质量。尽管Scherr等[30]意识到了景观生态学的观点对指导生物多样性保护、生态系统服务和农业可持续发展的重要性，但是主要着重强调的是应用生态农业的方法来管理农业景观，对于景观规划设计及景观建设的考虑相对不足。生态农业景观是整合景观生态学的思想和方法以及生态农业的方法和技术进行管理的农业景观，恢复和提升农业景观生态系统服务功能需要从农业生态系统和农业景观两个尺度(图2)开展[37]。针对我国农业可持续发展面临的问题和发展需求，中国农业景观生物多样性保护需要从几个方面开展：一是在《中国生物多样性保护战略与行动计划(2011—2030年)》的基础上，充分认识我国在农业景观生物多样性保护方面存在的问题、对农业可持续发展的重要意义和功能，做好顶层设计，制定农业景观生物多样性保护战略和规划；二是在我国不同类型农区选取典型农业景观，开展农业景观生物多样性调研、监测和评价；三是通过国内外技术调研，研发农业景观生物多样性保护技术规程，在不同类型农区的典型农业景观，开展农业景观生物多样性保护和建设技术试验示范；四是通过技术筛选、技术研发和集成示范，集成构建以农业景观生物多样性保护为中心的生态服务功能提升技术体系；五是借鉴欧美等国家以农户为主体的农业景观生物多样性保护生态补贴的政策和制度，积极探索以村集体、农民合作组织、规模化生产大户等为主体的农业景观生物多样性保护制度，研究制定农业景观生态服务功能生态补偿制度，并开展多种形式的农业景观生物多样性保护宣传和培训活动，提高管理者、农户对农业景观生物多样性保护价值和功能的认识。

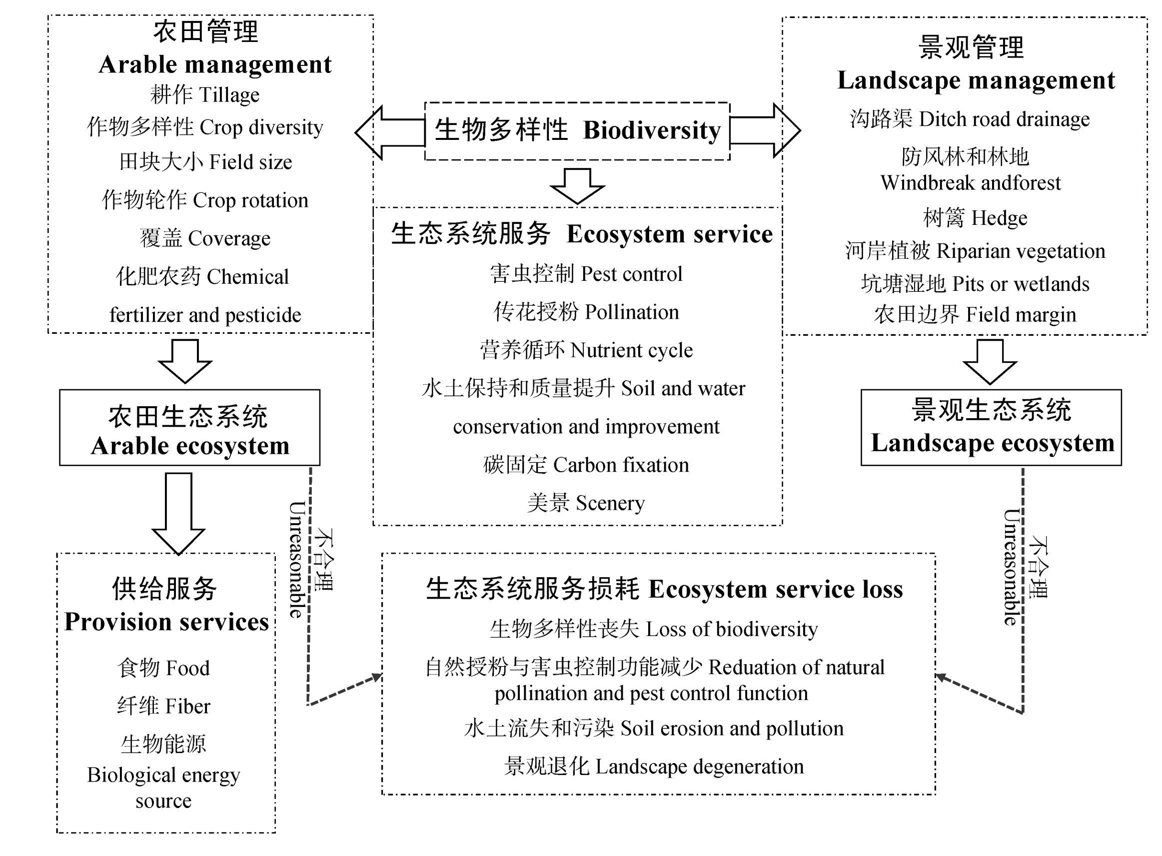


图 2　农田和景观管理对生态系统服务功能的影响

Fig. 2　Effects of farmland and landscape management on ecological service function

参考文献 References

[1] Vitousek P M, Mooney H A, Lubchenco J, et al. Human domination of Earth's ecosystems[J]. Science, 1997, 277(5325): 494–499

[2] 张鑫, 李朋瑶, 宇振荣. 乡村环境保护和管理的景观途径[J]. 农业资源与环境学报, 2015, 32(2): 132–138
Zhang X, Li P Y, Yu Z R. Landscape approaches for rural environment protection and management[J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2015, 32(2): 132–138

[3] Herzog F, Balázs K, Dennis P, et al. Biodiversity Indicators for European Farming Systems: A Guidebook[M]. Zürich: ART Publication, 2012: 5–90

[4] 刘云慧, 李良涛, 宇振荣. 农业生物多样性保护的景观规划途径[J]. 应用生态学报, 2008, 19(11): 2538–2543
Liu Y H, Li L T, Yu Z R. Landscape planning approaches for biodiversity conservation in agriculture[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(11): 2538–2543
[5] Millennium Ecosystem Assessment 2005 Ecosystems and Human Well-Being: Biodiversity Synthesis (Washington, DC: World Resources Institute)
[6] 李波. 中国的农业生物多样性保护及持续利用[J]. 农业环境与发展, 1999, 16(4): 9–15
Li B. Conservation and sustainable utilization of biodiversity in Chinese agricultural regions[J]. Agro-Environment and Development, 1999, 16(4): 9–15
[7] Tscharntke T, Klein A M, Kruess A, et al. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity-ecosystem service management[J]. Ecology Letters, 2005, 8(8): 857–874
[8] Liu Y H, Duan M C, Yu Z R. Agricultural landscapes and biodiversity in China[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2013, 166: 46–54
[9] Foley J A, DeFries R, Asner G P, et al. Global consequences of land use[J]. Science, 2005, 309(5734): 570–574
[10] 刘云慧, 张鑫, 张旭珠, 等. 生态农业景观与生物多样性保护及生态服务维持[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(7): 819–824
Liu Y H, Zhang X, Zhang X Z, et al. Ecoagricultural landscape for biodiversity conservation and ecological service maintenance[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2012, 20(7): 819–824
[11] 宇振荣, 张茜, 肖禾, 等. 我国农业/农村生态景观管护对策探讨[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(7): 813–818
Yu Z R, Zhang Q, Xiao H, et al. Countermeasures of landscape and ecological stewardship in agricultural/rural area of China[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2012, 20(7): 813–818
[12] United Nations Environment Programme. Avoiding Future Famines: Strengthening the Ecological Foundation of Food Security through Sustainable Food Systems[M]. Nairobi, Kenya: UNEP, 2012: 250–278
[13] Batáry P, BáldiA, Kleijn D, et al. Landscape-moderated biodiversity effects of agri-environmental management: A meta-analysis[J]. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 2011, 278(1713): 1894–1902
[14] Cormont A, Siepel H, Clement J, et al. Landscape complexity and farmland biodiversity: Evaluating the CAP target on natural elements[J]. Journal for Nature Conservation, 2016, 30: 19–26
[15] Chan K M A, Balvanera P, Benessaiah K, et al. Opinion: Why protect nature? Rethinking values and the environment[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2016, 113(6): 1462–1465
[16] Bianchi F J J A, Booij C J H, Tscharntke T. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: A review on landscape composition, biodiversity and natural pest control[J]. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 2006, 273(1595): 1715–1727
[17] Wetzel W C, Kharouba H M, Robinson M, et al. Variability in plant nutrients reduces insect herbivore performance[J]. Nature, 2016, 539(7629): 425–427
[18] Fahrig L, Baudry J, Brotons L, et al. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes[J]. Ecology Letters, 2011, 14(2): 101–112
[19] Concepción E D, Fernández-González F, Díaz M. Plant diversity partitioning in Mediterranean croplands: Effects of farming intensity, field edge, and landscape context[J]. Ecological Applications, 2012, 22(3): 972–981
[20] Rusch A, Chaplin-Kramer R, Gardiner M M, et al. Agricultural landscape simplification reduces natural pest control: A quantitative synthesis[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2016, 221: 198–204
[21] 戴漂漂, 张旭珠, 肖晨子, 等. 农业景观害虫控制生境管理及植物配置方法[J]. 中国生态农业学报, 2015, 23(1): 9–19
Dai P P, Zhang X Z, Xiao C Z, et al. Habitat management and plant configuration for biological pest control in agricultural landscapes[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2015, 23(1): 9–19
[22] 张鑫, 王艳辉, 刘云慧, 等. 害虫生物防治的景观调节途径: 原理与方法[J]. 生态与农村环境学报, 2015, 31(5): 617–624
Zhang X, Wang Y H, Liu Y H, et al. Approaches biological control of pests of through landscape regulation: Theory and practice[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2015, 31(5): 617–624
[23] Scott A, Carter C, Hölzinger O, et al. UK national ecosystem assessment follow-on[R]. Work Package Report 10: Tools–Applications, Benefits and Linkages for Ecosystem Science (TABLES). UK: UNEP, 2014
[24] Tscharntke T, Clough Y, Wanger T C, et al. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification[J]. Biological Conservation, 2012, 151(1): 53–59
[25] 朱有勇, Leung H, 陈海如, 等. 利用抗病基因多样性持续控制水稻病害[J]. 中国农业科学, 2004, 37(6): 832–839
Zhu Y Y, Leung H, Chen H R, et al. Using resistance genes diversity for sustainable rice disease control[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2004, 37(6): 832–839
[26] Cormont A, Siepel H, Clement J, et al. Landscape complexity and farmland biodiversity: Evaluating the CAP target on natural elements[J]. Journal for Nature Conservation, 2016, 30: 19–26
[27] 宇振荣, 谷卫彬, 胡敦孝. 江汉平原农业景观格局及生物多样性研究——以两个村为例[J]. 资源科学, 2000, 22(2): 19–23
Yu Z R, Gu W B, Hu D X. On landscape pattern and biodiversity in rural areas of Jianghan Plain—taking two villages as a case study[J]. Resources Science, 2000, 22(2): 19–23
[28] Bence S L, Stander K, Griffiths M. Habitat characteristics of harvest mouse nests on arable farmland[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2003, 99(1/3): 179–186
[29] 刘云慧, 宇振荣, 梁宏斌. 农田边界生物多样性保护功能的初步研究——以北京东北旺步甲群落多样性研究为例[J].

生态学杂志, 2002, 21(5): 69–73
Liu Y H, Yu Z R, Liang H B. Field margin's function for biodiversity: A case study on carabids beetles in Dongbeiwang, Beijing[J]. Chinese Journal of Ecology, 2002, 21(5): 69–73

[30] Scherr S J, McNeely J A. Biodiversity conservation and agricultural sustainability: Towards a new paradigm of 'Ecoagriculture'landscapes[J]. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 2008, 363(1491): 477–494

[31] Slade E M, Riutta T. Interacting effects of leaf litter species and macrofauna on decomposition in different litter environments [J]. Basic and Applied Ecology, 2012, 13(5): 423–431

[32] Balvanera P, Daily G C, Ehrlich P R, et al. Conserving biodiversity and ecosystem services[J]. Science, 2001, 291(5511): 2047

[33] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Biodiversity for Food and Agriculture: Contributing to Food Security and Sustainability in a Changing World[M]. Rome: FAO, 2011: 5–8

[34] Scherr S J, Buck L, Willemen L, et al. Ecoagriculture: Integrated landscape management for people, food, and nature[M]//van Alfen N K. Encyclopedia of Agriculture and Food Systems. Amsterdam: Elsevier, 2014: 1–17

[35] 刘云慧, 常虹, 宇振荣. 农业景观生物多样性保护一般原则探讨[J]. 生态与农村环境学报, 2010, 26(6): 622–627
Liu Y H, Chang H, Yu Z R. General principles for biodiversity protection in agro-landscaping[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2010, 26(6): 622–627

[36] 骆世明. 生态农业的景观规划、循环设计及生物关系重建[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(4): 805–809
Luo S M. Landscape, circulation system design and biodiversity reestablishment in eco-agriculture[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2008, 16(4): 805–809

[37] 郧文聚, 宇振荣. 中国农村土地整治生态景观建设策略[J]. 农业工程学报, 2011, 27(4): 1–6
Yun W J, Yu Z R. Ecological landscaping strategy of rural land consolidation in China[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(4): 1–6